

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-141910

(43)Date of publication of application : 29.05.1998

(51)Int.Cl.

G01B 7/16

G01L 1/00

(21)Application number : 08-304887 (71)Applicant : YOKOHAMA RUBBER CO LTD:THE

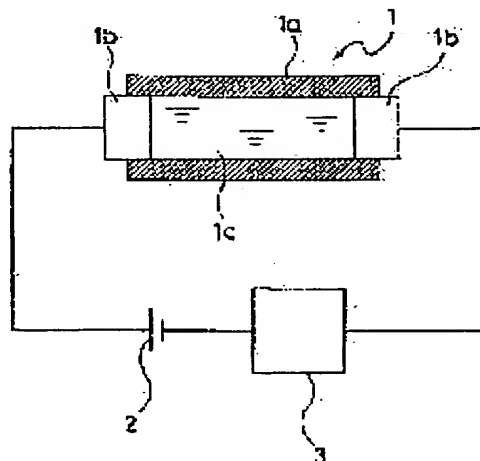
(22)Date of filing : 15.11.1996 (72)Inventor : TANAKA KATSUNORI  
TAKAHASHI YASUHIRO  
EBIKO MASAHIRO

## (54) STRAIN MEASURING INSTRUMENT

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a strain measuring instrument which can sufficiently measure the strain factor of an object even when the object is largely deformed, can be improved in measuring accuracy, and can be manufactured at a low cost.

SOLUTION: A cylindrical body 1a is made of a material prepared by mixing 1-100 pts.wt. carbon black, silica, or a mixture of carbon black and silica in 100 pts.wt. rubber and has an external surface having a rectangular cross section and an internal surface having a circular cross section. A fluid 1c is composed of noncompressive slurry-like carbon mixture which is prepared by mixing carbon black in water at a wt. mixing ratio of 1:2 and stable even when the fluid 1c flows out when the cylindrical body 1a is damaged.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-141910

(43) 公開日 平成10年(1998) 5月29日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

G 0 1 B 7/16

G 0 1 B 7/18

G

G 0 1 L 1/00

G 0 1 L 1/00

D

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平8-304887

(22) 出願日 平成8年(1996)11月15日

(71) 出願人 000006714

横浜ゴム株式会社

東京都港区新橋5丁目36番11号

(72) 発明者 田中 克則

神奈川県平塚市追分2番1号 横浜ゴム株式会社平塚製造所内

(72) 発明者 ▲高▼橋 康弘

神奈川県平塚市追分2番1号 横浜ゴム株式会社平塚製造所内

(72) 発明者 海老子 正洋

神奈川県平塚市追分2番1号 横浜ゴム株式会社平塚製造所内

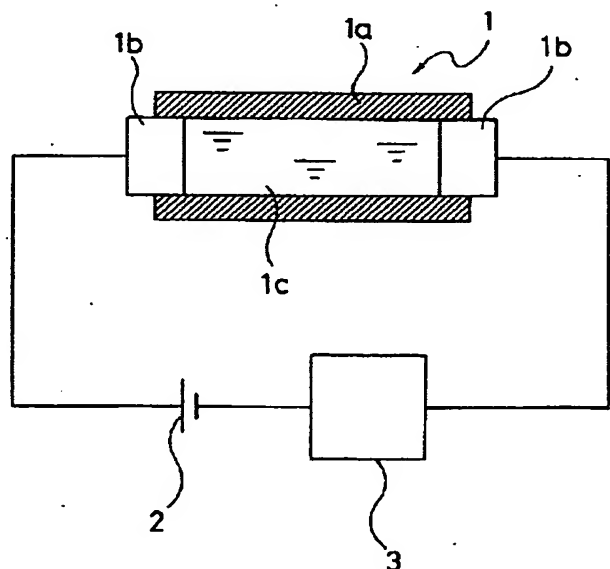
(74) 代理人 弁理士 小川 信一 (外2名)

(54) 【発明の名称】 歪測定装置

(57) 【要約】

【課題】 変形量の大きい物体の歪率も十分に測定することのできる上に、測定精度を向上させることが出来、更に安全で安価に製造することが出来る歪測定装置を提供することを目的とするものである。

【解決手段】 筒体1aの材料としては、ゴム100重量部に対してカーボンブラック0～100重量部配合した組成物、またはゴム100重量部に対してシリカ0～100重量部配合した組成物、またはゴム100重量部に対してカーボンブラックとシリカとの混合物を、0～100重量部配合した組成物から構成され、筒体1aの形態としては、断面矩形状の外周と断面円形の内面とを有している。流体1cとしては、例えば筒体1aが損傷して、外部に流出することがあっても安全性の高い非圧縮性のカーボンブラックと水との重量比を1:2に設定したスラリー状のカーボン混合物を用いている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 測定対象物に導電性を有する検出子を装着し、測定対象物の歪に応じて変形する検出子の電気抵抗の変化率によって歪を測定する歪測定装置において、前記検出子を、両端を密閉された可撓性を有する絶縁性の筒体と、筒体内に充填された導電性を有する非圧縮性の流体と、筒体内の流体の両端に接触する一対の電極とから構成し、前記筒体は、ゴム100重量部に対してカーボンブラック0～100重量部配合した組成物からなり、前記非圧縮性の流体は、スラリー状のカーボン混合物を用いることを特徴とする歪測定装置。

【請求項2】 測定対象物に導電性を有する検出子を装着し、測定対象物の歪に応じて変形する検出子の電気抵抗の変化率によって歪を測定する歪測定装置において、前記検出子を、両端を密閉された可撓性を有する絶縁性の筒体と、筒体内に充填された導電性を有する非圧縮性の流体と、筒体内の流体の両端に接触する一対の電極とから構成し、前記筒体は、ゴム100重量部に対してシリカ0～100重量部配合した組成物からなり、前記非圧縮性の流体は、スラリー状のカーボン混合物を用いることを特徴とする歪測定装置。

【請求項3】 測定対象物に導電性を有する検出子を装着し、測定対象物の歪に応じて変形する検出子の電気抵抗の変化率によって歪を測定する歪測定装置において、前記検出子を、両端を密閉された可撓性を有する絶縁性の筒体と、筒体内に充填された導電性を有する非圧縮性の流体と、筒体内の流体の両端に接触する一対の電極とから構成し、前記筒体は、ゴム100重量部に対してカーボンブラックとシリカとの混合物を、0～100重量部配合した組成物からなり、前記非圧縮性の流体は、スラリー状のカーボン混合物を用いることを特徴とする歪測定装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、物体の応力等を測定する際に用いられる歪測定装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】従来、例えば物体の応力を測定する場合には、物体に任意の方向の荷重を加えて歪を測定することにより、荷重の大きさと歪から物体の圧縮応力、引張り応力、ねじり応力等が求められる。また、歪率の測定においては、測定対象物の表面に導電性を有する検出子を装着し、測定対象物の歪量に応じて変形する検出子の電気抵抗の変化率によって歪率を測定している。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】従来の歪率測定用の検出子には、金属線や金属箔等の導電体をプラスチックや紙等からなる基板に貼り着けたものが用いられるが、これら導電体の変形量は微小であるため、測定可能な歪率

は数%が限界である。従って、従来の歪測定装置では金属等の比較的剛性の高い物体の測定には有効であるが、ゴム等の変形量の大きいものに対しては測定が極めて困難であるという問題点があった。

【0004】この発明は、かかる従来の課題に着目して案出されたもので、変形量の大きい物体の歪率も十分に測定することのできる上に、測定精度を向上させることが出来、更に安価に製造することが出来る歪測定装置を提供することを目的とするものである。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】本発明は前記目的を達成するために、検出子を、両端を密閉された可撓性を有する絶縁性の筒体と、筒体内に充填された導電性を有する非圧縮性の流体と、筒体内の流体の両端に接触する一対の電極とから構成し、前記筒体は、ゴム100重量部に対してカーボンブラック0～100重量部配合した組成物からなり、前記非圧縮性の流体は、スラリー状のカーボン混合物を用いることを要旨とするものである。

【0006】また、この発明は検出子を、両端を密閉された可撓性を有する絶縁性の筒体と、筒体内に充填された導電性を有する非圧縮性の流体と、筒体内の流体の両端に接触する一対の電極とから構成し、前記筒体は、ゴム100重量部に対してシリカ0～100重量部配合した組成物からなり、前記非圧縮性の流体は、スラリー状のカーボン混合物を用いることを要旨とするものである。

【0007】更に、この発明は、検出子を、両端を密閉された可撓性を有する絶縁性の筒体と、筒体内に充填された導電性を有する非圧縮性の流体と、筒体内の流体の両端に接触する一対の電極とから構成し、前記筒体は、ゴム100重量部に対してカーボンブラックとシリカとの混合物を、0～100重量部配合した組成物からなり、前記非圧縮性の流体は、スラリー状のカーボン混合物を用いることを要旨とするものである。

【0008】この発明は上記のように構成され、カーボンブラックまたはシリカ配合ゴム等で検出子の筒体を形成し、従来のカーボン配合ゴムと同等の耐久性を維持した状態で、弾性率の伸びに対して安定させることで、この筒体の変形すると、筒体内に充填されているカーボンブラックと水、またはその他の液体とのスラリーの形態が筒体の内形に沿って変化し、流体の電気抵抗が変化する。

【0009】この場合、スラリーは変形に規制を受けないので、筒体を上記のように弾性率が伸びに対して安定する材料により構成することで、変形量の大きい物体の歪率も十分に測定することのできる上に、測定精度を向上させることが出来、また例えば損傷して筒体内のスラリーが外部に流出しても安全であり、変形量の大きい物体の歪率も十分に測定が可能となるものである。

## 【0010】

【発明の実施の形態】以下、添付図面に基づき、この発明の実施形態を説明する。図1は、この発明の一実施形態を示す歪測定装置の一部断面概略構成図、図2は検出子の斜視図を示し、前記歪測定装置は、測定対象物の表面または内部に装着される検出子1と、検出子1に所定の電圧を印加する電源2と、検出子1の電気抵抗を測定する抵抗測定器3とから構成されている。

【0011】前記検出子1は、両端を開口した可撓性を有する絶縁性の筒体1aと、筒体1aの両端を密閉する一対の電極1bと、筒体1a内に充填された導電性を有する流体1cとからなり、各電極1bには電源2及び抵抗測定器3が直列に接続されている。前記筒体1aの材料としては、ゴム100重量部に対してカーボンブラックを配合しない組成物、またはゴム100重量部に対してシリカ30重量部配合した組成物、またはゴム100重量部に対してカーボンブラックとシリカとの混合物を、10:20の割合で配合した組成物から構成され、筒体1aの形態としては、断面矩形状の外周と断面円形の内面とを有している。

【0012】なお、上記実施形態に示す筒体1aの形態は一例であり、同様な材料であれば外形及び内形ともに任意の形状に形成することが可能である。また、各電極1bは白金によって形成されるとともに、筒体1aの内径と同等の外径を有し、各筒体1aの内面に接着剤等により固定されている。また、流体1cとしては、例えば筒\*

$$R1 = (\rho / S1) \times L \quad \dots\dots (1)$$

$$R2 = (\rho / S2) \times (L + \Delta L) \quad \dots\dots (2)$$

$$\Delta L = \varepsilon L \quad \dots\dots (3)$$

となる。

※ ※ 【0016】また、流体1cの体積は一定であるから、

$$L \times S1 = (L + \Delta L) \times S2 = \text{一定} \quad \dots\dots (4)$$

が成り立つので、式(3)及び式(4)から、

$$\begin{aligned} L \times S1 &= L(1 + \varepsilon) \times S2 \\ S2 &= S1 / (1 + \varepsilon) \end{aligned} \quad \dots\dots (5)$$

式(1)及び式(2)から、

$$\rho = (S1 / L) \times R1 = S2 / (L + \Delta L) \times R2 \quad \dots\dots (6)$$

式(5)及び式(6)から

$$\begin{aligned} (S1 / L) \times R1 &= S2 / L(1 + \varepsilon) \times R2 \\ &= S1 / L(1 + \varepsilon)^2 \times R2 \end{aligned} \quad \dots\dots (7)$$

式(7)から $S1 / L$ をAとして

$$R1 = R2 / (1 + \varepsilon)^2 \quad \dots\dots (8)$$

ゆえに、

$$\varepsilon = (R2 / R1)^{1/2} - 1 \quad \dots\dots (9)$$

となる。

【0017】次に、この発明の実施形態における歪測定装置を用いて変形量の大きい物体の歪率を測定した例を以下に示す。なお、この測定例では測定対象物として、筒体1aの材料としてゴム100重量部に対してシリカ30重量部配合した組成物を使用し、非圧縮性流体として、カーボンブラックと水との重量比を1:2に設定したスラリー状のカーボン混合物を用いた。

\* 体1aが損傷して、外部に流出することがあっても安全性の高い非圧縮性のカーボンブラック（電気抵抗が約、 $0.21 \Omega \cdot \text{cm}$ のアセチレンブラック）と水との重量比を1:2に設定したスラリー状のカーボン混合物を用いている。なお、水の代わりに他の液体を用いることも可能である。

【0013】以上のように構成された歪測定装置においては、図3の実線矢印に示すように検出子1に軸方向反対向きの外力が加わると、筒体1aが弾性変形により伸長する。その際、筒体1a内の流体1cの体積は一定であるから、筒体1aの内形は各電極1bの対向面間の距離 $\times$ 断面積=一定の関係を保ちながら変化する。ここで、筒体1a内に充填されている流体1cの形態を筒体1aの内形によって形状変化する円柱とすれば、図4(a), (b)に示すように表現することができる。

【0014】即ち、図4(a)に示すように検出子1を外力を加えていない自然状態での流体1cの長さをL、流体1cの断面積をS1、その時の抵抗測定器3の測定値をR1とし、図4(b)に示すように検出子1が外力によって伸長したときの流体1cの長さを $L + \Delta L$ 、流体1cの断面積をS2、その時の抵抗測定器3の測定値をR2とすれば歪率 $\varepsilon$ は以下のようにして求められる。

【0015】導電体の電気抵抗は長さに比例し、断面積に反比例するので、流体1cの固有抵抗値を $\rho$ とする

と、

【0018】まず、図5に示すように測定対象物Aの上端を固定し、その側面に歪測定装置の検出子1を軸方向が鉛直方向と一致するように装着する。次に、測定対象物Aの下端に下方への荷重Wを加え、荷重Wを段階的に増やしながら歪率の測定を行う。また、測定条件としては、自然状態での流体1cの長さLを10mm、直径を1mmとした検出子1を用い、荷重Wは0から1kgずつ増加させた。

【0019】図6は測定結果を示すグラフであり、図中の黒点は歪測定装置による測定値、即ち、 $\varepsilon = (R1 / R2) 1/2 - 1$ から算出した値である。また、図中の実線は検出子1の伸び量 $\Delta L$ を実測し、 $\varepsilon = \Delta L / L$ によって求めた実際の歪率である。即ち、本測定例によれば、歪測定装置の測定値は実測値にほぼ等しく、歪率 $\varepsilon = 1$ （検出子1の伸び量が2倍）を越えても測定値に殆ど誤差がないという良好な結果が得られた。

【0020】このように、本実施形態の歪測定装置によれば、変形に規制を受けない導電性の流体1c（カーボンブラックと水との重量比を1：2に設定したスラリー状のカーボン混合物）を可撓性を有する筒体1a（ゴム100重量部に対してシリカ30重量部配合した組成物）内に充填し、流体1cの電気抵抗の変化率により歪率を測定するようにしたので、可撓性を有し、かつ変形量の大きい物体の歪率も十分に測定することが可能になり、各種材料の応力測定等に幅広く利用することができる。更に、各電極1bを白金によって形成し、水銀を用いた流体1cとイオン化傾向が異ならないようにしたので、流体1cの抵抗率を変化させることがなく、常に安定した特性を得ることができる。

【0021】なお、筒体1aの材質としては、モジュラス比が1に近いほど弾性率が一定であり、ゴム弾性率の非線形性を弱めることで測定精度が向上する点から、この発明の実施形態では、シリカ配合ゴム、従来のカーボン配合ゴムに比べてカーボン量が多いカーボン配合ゴム、あるいはカーボンブラックとシリカとの混合物から成る配合ゴムを使用している。

【0022】図7及び図8は、ゴム材料に配合する補強材としてのカーボンブラック、カーボンブラックとシリカとの混合物、シリカの配合量に対するモジュラス比を示したもので、図7は、モジュラス比M(100)/モジュラス比M(50)、即ち、ゴムを50%伸ばした時のモジュラス比と、100%伸ばした時のモジュラスを示し、また図8はモジュラス比M(200)/モジュラス比M(100)、即ち、ゴムを200%伸ばした時のモジュラス比と、100%伸ばした時のモジュラスを示している。

【0023】上述したように、モジュラス比が1に近いほど弾性率が一定であり、ゴム弾性率の非線形性を弱めることで測定精度が向上するから、ゴム材料に配合する

補強材として、シリカが最も好ましいことが判る。

【0024】

【発明の効果】この発明は、上記のようにカーボンブラックまたはシリカ配合ゴム等で検出子の筒体を形成することで、従来のカーボン配合ゴムと同等の耐久性を維持した状態で、弾性率の伸びに対して安定させ、更に筒体内に封入する非圧縮性の流体として、スラリー状のカーボン混合物を用いることで、以下のような優れた効果を奏するものである。

①. 筒体が変形すると、筒体内に充填されているスラリー状のカーボン混合物の形態が筒体の内形に沿って変化し、流体の電気抵抗が変化し、この場合、スラリーは変形に規制を受けないので、筒体を上記のように弾性率が伸びに対して安定する材料により構成することで、変形量の大きい物体の歪率も十分に測定することのできる上に、測定精度を向上させることが出来る。

②. また、例え損傷して筒体内のスラリーが外部に流出しても安全である上、変形量の大きい物体の歪率も十分に測定が可能となる。

③. 更に、コスト面及び安全性に有利なこの発明の歪測定装置は、造船、航空、建築等の大規模で振動の多い測定物にも有効に利用することが出来る。

【図面の簡単な説明】

【図１】この発明の一実施形態を示す歪測定装置の一部断面概略構成図である。

【図 2】 検出子の斜視図である。

【図3】 検出子の変形状態を示す側面断面図である。

【図4】 (a)、(b)は流体の形態を示す説明図である。

【図5】測定例の構成を示す側面図である。

【図6】測定結果を示すグラフである。

【図7】ゴム材料に配合する補強材のモジュラス比を示す説明図である。

【図8】ゴム材料に配合する補強材のモジュラス比を示す説明図である。

【符号の説明】

1 検出子 1 a, 1 d, 1 e 筒体  
1 b 電極 1 c 流体 A 測定対象物

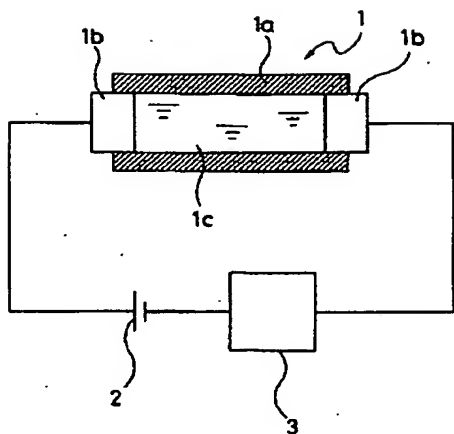
10

20

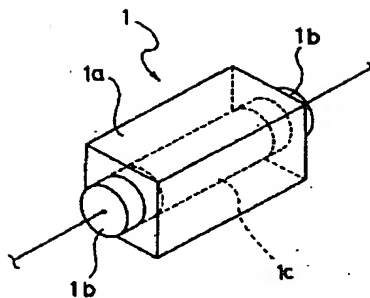
30

40

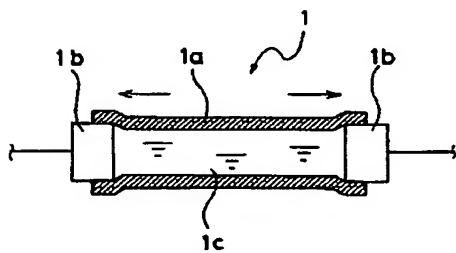
【図1】



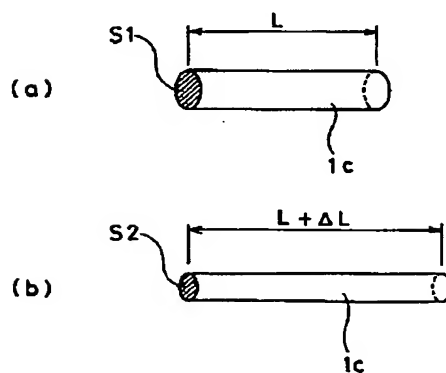
【図2】



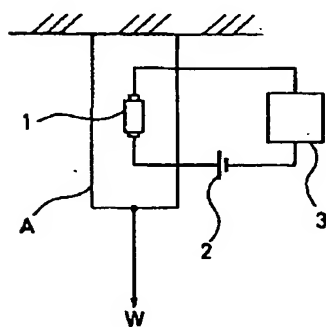
【図3】



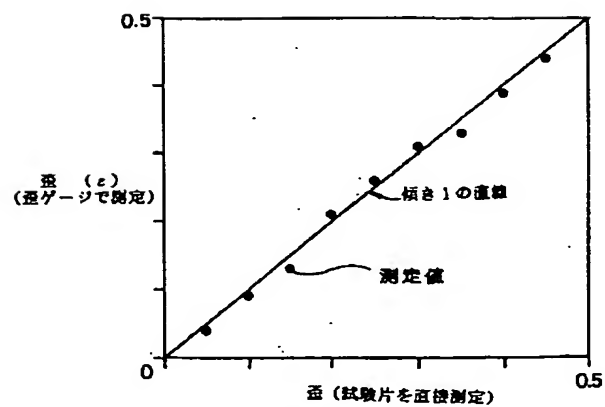
【図4】



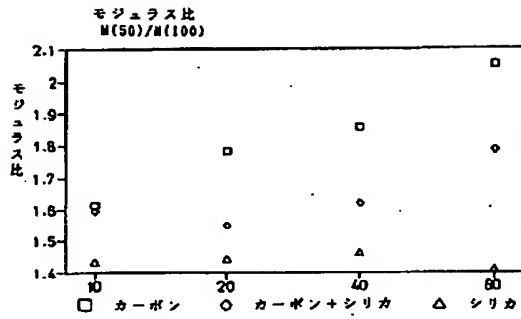
【図5】



【図6】



【図7】



【図8】

